

ஒளியின் வேகம்

ஐசக் அசிமோவ்



தமிழில்
சந்தியா கணேசன்

ஒளியின் வேகம்

ஐசக் அசிமோவ்



தமிழில்

சந்தியா கணேசன்

ஒளியின் வேகம் - (28)

How do we find out Speed Of Light

By Isaac Asimov

தலைப்பு: ஒளியின் வேகம்

தமிழில்: சந்தியா கணேசன்

பதிப்பு வருடம்: 2018

அட்டை படம் மற்றும் புத்தக வடிவமைப்பு: Designers point, Chennai

அச்சு

விலை: ரூ.50.00



Learn and Educate

வெளியீடு

தூறல் புக்ஸ்

69, Pillayar koil street, R.V.Nagar,
Jafferkhanpet, Chennai – 600083.

Ph: 044 24892018

thooralbooks@gmail.com, www.thooralbooks.com

பதிப்புரை

தூறல் புக்ஸ் அறிவியல் நூல் வழியாக பதிப்பக துறையில் தன் முதல் அடியை எடுத்து வைக்கின்றது. குழந்தைகளுக்கான தரமான நூல்களை தரமான விலையில் கொண்டு சேர்க்கும் முயற்சியில் தூறல் புக்ஸ் தன் இயக்கத்தை செயல்படுத்தி வருகிறது.

அறிவியல் மேதை ஐசக் அசிமோவ் தன் அறிவியல் கட்டுரைகள் மூலம் இவ்வுலகிற்கு மிக சிறந்த பங்களிப்பை ஆற்றியுள்ளார். அவரின் ஆக சிறந்த கட்டுரைகளை தொகுத்து தமிழில் சிறு சிறு நூல்களாக வெளியிட்டுள்ளோம். அதன் ஒரு சிறந்த நூல் உங்கள் கைகளில் இப்போது தவழ்கிறது.

இந்நூலை தமிழில் கொண்டு வருவதில் தன் மிக முக்கிய பங்கினை ஆற்றிய “பிராஜக்ட் கிளேடோஸ்கோப்” குழுவினருக்கு எங்கள் மனமார்ந்த நன்றியினை தெரிவித்து கொள்கிறோம்.

பிராஜக்ட் கிளேடோஸ்கோப் (Project Kaleidoscope)

பிராஜக்ட் கிளேடோஸ்கோப் என்ற இந்த திட்டம் இந்தியன் இன்ஸ்டிடியூட் ஆஃப் டெக்னாலஜி, மெட்ராஸ் (IIT madras) மூலம் இயங்கக்கூடியதும் பேராசிரியர் சீனிவாச சக்கரவர்த்தியின் மேற்பார்வையில் செயல்பட்டுக்கொண்டிருக்கும் ஒரு கனவு திட்டமாகும். இத்திட்டத்தின் நோக்கமானது ஆங்கில அறிவியல் நூல்கள் நம் தாய் மொழியில் எளிய நடைமுறையில் மொழி பெயர்க்கப்பட்டு சிறந்த நூல்களாக அனைவருக்கும் பயன்படக்கூடிய வகையில் கொண்டு சேர்ப்பதாகும். இவர்களின் பிற மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் கீழ்கண்ட வளைதளங்களில் காணலாம்.

www.arvindguptatoys.com

<http://kaleidoscopetamil.blogspot.se/>

இந்நூல்களின் மொழிபெயர்ப்புகள் மற்றும் சீராய்வுகள் அனைத்தும் தன்னார்வர்களால் உருவாக்கப்பட்டது. இந்நூல்களின் தயாரிப்புகளுக்கு MHRD மூலம் நிதி ஆதாரம் பெறப்பட்டுள்ளது.

வருங்காலத்தில் நீங்களும் தரமான அறிவியல் நூல் தயாரிப்புகளில் தங்களை ஈடுபடுத்திக் கொள்ள விரும்பினால் தொடர்பு கொள்ளுங்கள்,
iitm.project.kaleidoscope@gmail.com (தொலைபேசி: +91 44 2257 5125).

மொழி பெயர்ப்பாளரை பற்றி

சந்தியா கணேசன்

தமிழ், ஆங்கிலம் ஆகிய இரண்டு மொழிகளிலும் ஆர்வம் கொண்டவர். இவர் சென்னையில் ஒரு மாண்புமிகு பள்ளியில் 5-7 வயதுக்குட்பட்ட குழந்தைகளுக்கு ஆசிரியராகக் கடந்த ஆறு ஆண்டுகளாகப் பணி புரிகிறார். இதற்கு முன், 15 ஆண்டுகள் கார்ப்பரேட் செக்டரில் கன்ஸல்டன்ட் ஆகப் பணியாற்றியவர். இவர் மொழி, கலை, அறிவியல் முதலிய துறைகளில் மிகுந்த ஆர்வம் கொண்டவர். ஓய்வு நேரங்களில் படிப்பதும், எழுதுவதும் இவர் பொழுதுபோக்குகள்.

1. முதல் தீர்மானம்

இடியுடன் கூடிய மழை வரும்பொழுது, வானத்தில் மின்னல் வெட்டுவதைப் பார்த்திருக்கிறீர்களா? மின்னல் என்பது பூமியிலிருந்து மேகத்திற்கு, அல்லது ஒரு மேகத்திலிருந்து /மேகக்கூட்டத்திலிருந்து மற்றொரு மேகத்திற்கு /மேகக்கூட்டத்திற்கு பாயும் மின்சார சக்தி ஆகும். அவ்வாறு பாயும்பொழுது, ஒரு கணப்பொழுதிற்கும் குறைவான நேரத்திற்கு, பல்லாயிரம் டிகிரிகளுக்கும் மேலாக வெப்பத்தை அதிகரித்து, சுற்றியுள்ள காற்று மண்டலங்களை விரிவடையச் செய்கிறது. மின்னலின் மின்வெட்டு ஓயும்போது, காற்று மண்டலங்கள் குளிர்வடைந்து, சுருங்கி ஒன்றின் மீது ஒன்று மோதுகின்றன. அவ்வாறு மோதிக்கொள்ளும்போது இடி முழக்கம் ஏற்படுகிறது.

நம்மிடத்திலிருந்து அருகில் மின்னல் நிகழும்போது, அது மிகவும் பிரகாசமானதாகவும், அதனோடு வரும் இடிமுழக்கம் பலத்ததாகவும் இருக்கும். மின்னலும் இடியும் ஏறக்குறைய ஒரே சமயத்தில் நிகழ்வது போலவும் தோன்றும்.

நம்மிடத்திலிருந்து தொலைவில் மின்னல் வெட்டும்பொழுது, அதன் பிரகாசமும் சத்தமும் சற்று குறைவாகவே இருக்கும். அதுவும், ஒரு சில நொடிகள் பொறுத்தபின்னரே தாழ்வான இடிமுழக்கம் எதிரொலியுடன் ஏற்படும்.

தொலைவில் நிகழும் மின்னல் வெட்டின் பிரகாசம் குறைவாக இருப்பதும், இடி முழக்கத்தின் சத்தம் தாழ்ந்து அமைவதும் ஊகத்திற்கு ஒத்ததாகவும், நியாயமாகவும் தோன்றும். ஆனால், இடி முழக்கம் சில வினாடிகளுக்குப் பின்பே ஏற்படுவது ஏன்?

ஏன் என்றால், ஒலி ஒரு இடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்குச் செல்வதற்கு அவகாசம் எடுக்கும். ஒலியின் வேகம் விஞ்ஞானிகளால் அளவிடப் பட்டிருக்கிறது.

ஒலி ஒரு மணி நேரத்தில் 740 மைல் தூரம் செல்லும் என்று

விஞ்ஞானிகள் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். இதன்படி பார்த்தால் ஒலி ஒரு நொடிப் பொழுதில் 1086 அடி தூரம் பரவும் வேகம் உடையது. ஐந்தே வினாடிகளில், ஒலி ஒரு மைல் தூரம் சென்றுவிடும். அதனால், நாம் இருக்கும் இடத்திலிருந்து, ஒரு மைல் தூரத்தில் மின்னல் வந்தால், இடிமுழக்கச் சத்தம் நம்மைச் சேர்ந்தடைய ஐந்து வினாடிகள் அவகாசம் தேவை. இரண்டு மைல் தூரத்தில் மின்னல் நிகழ்ந்தால், 10 வினாடிகள் என்று கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். இப்போது, ஒளியைப் பற்றிச் சிறிது சிந்தித்துப் பார்ப்போம். அதற்கும், நிகழும் இடத்திலிருந்து நாம் இருக்கும் இடத்தில் புலப்படுவதற்கு, அவகாசம் தேவை தான் அல்லவா?

இருக்கலாம். ஆனால், ஒளி ஒளியைவிட அதிவேகமாகச் செல்லும் தன்மை வாய்ந்தது. அதனால்தான், இடிமுழக்கத்திற்கு வெகு முன்னரே நாம் மின்னலைப் பார்த்து விடுகிறோம்.

ஒளியின் வேகத்தை அளவிட முடியுமா? முடியாது என்னும் கருத்து பழங்காலத்தில் விஞ்ஞானிகளிடையே பரவலாக இருந்தது. ஒளி எல்லையற்ற வேகத்தைக் கொண்டது என்று தான் நம்பினார்கள்.

ஒரு சில அறிஞர்கள் அதை நம்பாவிட்டாலும், ஒளி அளவிட முடியாத வேகத்தில் செல்லக்கூடியது என்பதை மட்டும் ஒப்புக்கொண்டார்கள்.

ஒளியின் வேகத்தை முதன்முதலாக அளவிட முயற்சி செய்தவர் இத்தாலிய விஞ்ஞானி கலீலியோ (Galileo, 1564-1642) ஆவார். அவர் 1630ம் ஆண்டு இதற்கான முயற்சிகளை மேற்கொண்டார். பின்வரும் சோதனையைச் செய்தார்.

கலீலியோவும், அவரது உதவியாளர் ஒருவரும் இரு விளக்குகளை எடுத்துக்கொண்டனர். இந்த விளக்குகளுக்குள் மெழுகுவர்த்திகளை வைத்து, விளக்கை அடிக்கடி திறந்து மூடுவதுபோல் அமைத்துக்கொண்டனர். குறிப்பிட்ட தருணத்தில் விளக்கைத் திறந்து மூடி, ஒளி வீசச்செய்வதே அவர்கள் நோக்கம்.



ஒளியின் வேகத்தில் கலிலியோ நடத்திய பரிசோதனை

கண்டவுடன், தன் விளக்கைக் காண்பித்தார். தான் விளக்கொளியை வீசிய தருணத்திலிருந்து, தன் உதவியாளரின் விளக்கொளியைப் பார்த்த தருணம் வரை கடந்த காலாவகாசத்தை வினாடிகளில் / நொடிகளில் குறித்துக்கொண்டார். இந்த சோதனையைப் பலமுறை செய்தார். ஒவ்வொரு முறையும் நேரத்தை அளவிட்டுக் குறித்தார். அவ்வாறு அளவிட்ட நேரங்களின் சராசரியைக் கணக்கிட்டார். இந்த கால அவகாசம் என்னவாக இருக்கவேண்டும்? ஒளி ஏறக்குறைய

வழக்கத்தைவிட இருண்ட ஓர் இரவுப்பொழுதில், இருவரும் அருகருகே அமைந்த இரு மலைக்குன்றுகளின் மேல் ஏறினர். உச்சியை அடைந்தவுடன், இருவரும் தங்கள் விளக்குகளை லேசாகத் திறந்து மூடி ஒளி வீசச் செய்தனர். இருவரும் மற்றவருடைய விளக்கொளியைப் பார்த்தவுடன், தன் விளக்கை மூடிவிட்டனர்.

கலிலியோ முதலில் தன் விளக்கை ஒளிவீசச் செய்தார். அவரது உதவியாளர் கலிலியோவின் விளக்கொளியைக்



ஒளியின் வேகத்தில் கலிலியோ நடத்திய பரிசோதனை

ஒரு மலைக்குன்றிலிருந்து மற்றொரு மலைக்குன்றிற்குச் சென்றடைந்து, திரும்பி வந்தடைவதற்கான நேரமாகத்தான் இருக்கவேண்டும் அல்லவா?

ஆனால், அது மட்டுமல்ல. 'எதிர் வினை' நேரமும் ஒரு காரணம். கலீலியோ வீசிய விளக்கொளியை அவர் உதவியாளர் பார்த்து உணர்ந்த பின்பே, தன் விளக்கைக் காண்பித்தார். அதே போல், உதவியாளரின் விளக்கொளியைப் பார்த்து அறிந்த பின்னரே, அந்த தருணம் வரை கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும் என்று கலீலியோ ஊகித்தார். இவை எல்லாவற்றிற்கும் கால அவகாசம் தேவைதான் அல்லவா?

கலீலியோ பின்னொரு முறை, இதே பரிசோதனையைச் செய்தார். இம்முறை, முன்னைவிட இடைவெளி தூரம் சற்று அதிகமாக இருக்கும்வகையில் இரு மலைக்குன்றுகளைத் தேர்ந்தெடுத்தனர். தன் உதவியாளரின் எதிர் வினை மாறக்கூடிய வாய்ப்பில்லை எனினும், ஒளி தன்னை வந்து அடைந்து தன் கண்களுக்குப் புலப்பட முன்பைவிட அதிக தூரம் தாண்டவேண்டியிருக்கும் என்று கலீலியோ ஊகம் செய்தார். தன் விளக்கொளி வீச்சின் ஆரம்பத் தருணத்திலிருந்து, தன் உதவியாளரின் பதில் வீச்சை உணர்ந்த தருணம் வரை கடந்த கால அவகாசம் என்ன என்பதை அளவிட்டார். இதற்கும், முன் கணக்கிட்ட கால அவகாசத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு தான் ஒளி குன்றுகளுக்கு இடையே உள்ள கூடுதல் தூரத்தைக் கடப்பதற்கான நேரமாகும்.

ஆனால், கூடுதல் நேரம் ஏதும் இல்லை. இரண்டாவதாகக் கணக்கிட்ட நேரமும், முதலில் கணக்கிட்ட நேரமும் ஒன்றாகத்தான் இருந்தது. இதன் அர்த்தம் என்னவென்றால், கலீலியோ அளவிட்ட நேரம் வெறும் எதிர்வினை நேரம் மட்டுமே. ஒளி உண்மையிலே அளவிடமுடியாத வேகத்தைக் கொண்டது.

கலீலியோவின் பரிசோதனையில் ஒரு சிக்கல். மிகவும் குறைந்த கால அவகாசங்களைக் கணக்கிட அவரிடம் தகுந்த சாதனங்கள் இல்லை.



வியாழன் மற்றும் அதன் நான்கு நிலவுகள் - இயோ, யூரோபா, கன்ய்மேடே, கால்லிச்டோ

1609ல் கலீலியோ உலகின் முதல் தொலை நோக்கியைப் பயன்படுத்தி, வியாழனின் (Jupiter) நான்கு கோள்களைக் கண்டுபிடித்தார். இவை வியாழனைச் சுற்றி வருகின்றன

என்றும் அறிந்தார். ஒவ்வொரு கோளும் கிரஹத்தின் (planet) முன் சென்று, சுற்றுப்பாதையிலிருந்து சற்றே விலகி, வெளிப்புறமாகச் சென்று, மறுபடியும் ஒன்றி, விலகி, ஒன்றி - இங்ஙனம் மாறிமாறி வருகின்றது என்று அறிந்தார்.

ஒவ்வொரு முறையும் ஒரு கோள் கிரஹத்தின் பின்புறம் செல்லும்போது, அது ஒருவித கிரஹணத்தினுள் (eclipse) நுழைகின்றது. அனைத்துக் கோள்களும் கிரஹத்தைச் சுற்றி ஒரே வேகத்தில் செல்வதனால், அவை இருண்ட கிரஹணத்துள் சீரான நேர இடைவெளியுடன் செல்கின்றன. வியாழனுக்கு மிக அருகில் உள்ள கோள், மிக குறுகிய காலத்தில் கிரஹணத்துள் சென்று வெளி வருகிறது. இதற்கு $1 \frac{3}{4}$ நாட்களே தேவை.

இரண்டாவது கோள் $3 \frac{1}{2}$ நாட்களுக்கு ஒரு முறையும், அதற்கு அடுத்தது $7 \frac{1}{8}$ நாட்களுக்கு ஒரு முறையும், மிகத் தொலைவில் உள்ளது $16 \frac{3}{4}$ நாட்களுக்கு ஒரு முறையும் கிரஹணத்துள் சென்று வெளிவரும்.

1656ம் வருடம், கிறித்தியான் ஹைகன்ஸ் (Christiaan Huygens) என்ற டச் வானியல் விஞ்ஞானி பெண்டுலம் கடிகாரம் என்று சொல்லப்படும் கடிகாரம் ஒன்றைப் புதிதாகக் கண்டுபிடித்தார். அது தான் உலகின் முதல் நுட்பமாக நேரத்தைக் கணக்கிடக்கூடிய கடிகாரம். சரியான நிமிடம் வரை நேரத்தைக் காட்டக்கூடியதாக

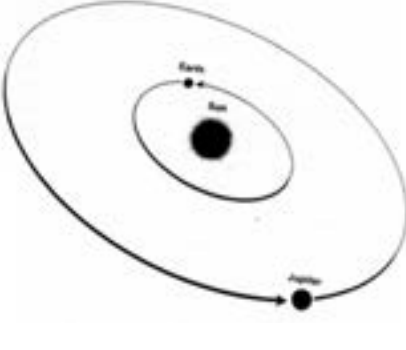
அமைக்கப்பட்டிருந்த கடிகாரம் அது. வியாழனின் கோள்களின் கிரஹண நேரங்களை நுட்பமாக அளக்க உதவியது இந்த கடிகாரம்.

ஓலாச் ரோமர் (Olaus Roemer, 1644-1710) என்னும் டச் நாட்டைச் சேர்ந்த வானியல் விஞ்ஞானி வியாழனின் கோள்களையும், அவற்றின் சுற்றுப்பாதைகள், சுற்றிவரும் காலாவகாசங்கள் இவற்றைக் கண்டறிவதில் மும்முரமாக ஈடுபட்டிருந்தார். இந்த முயற்சியில் முக்கியமாக ஒன்றைக் கண்டுபிடித்தார். அதாவது, ஏறக்குறைய அரையாண்டு காலம், மேற்கூறப்பட்டிருக்கும் கிரஹணங்கள் அதிக இடைவெளிகளுடன் நிகழ்வதையும், அதன் பின்னர் குறைந்த இடைவெளிகளுடன் நிகழ்வதையும், இங்ஙனம் மாறி மாறி வருவதையும் கண்டுபிடித்தார். ஒரு வருட காலத்தில், கிரஹணங்கள் ஏறக்குறைய ஒரே வகையில், சரியான சமயத்தில் வந்தாலும், ஒருசில சமயம், 8 நிமிடங்கள் முன்பாகவும், ஒரு சில சமயம் 8 நிமிடங்கள் தாமதமாகவும் வருவதைக் கண்டறிந்தார். இவ்வாறு நிகழ்வது ஏன் என்று வியப்புற்றார்.

பூமி சூரியனைச் சுற்றி வட்டமிடுகிறது. ஒரு முறை சுற்றி வருவதற்கு ஒரு வருட காலம் எடுக்கிறது. வியாழன் சூரியனிடத்திலிருந்து வெகு தொலைவில் இருப்பதனால், ஒரு முறை சுற்றிவர 12 வருடங்கள் ஆகிறது.

வியாழன் ஒருமுறை சூரியனைச் சுற்றி வருவதற்குள், பூமி 12 முறை சுற்றி வந்து விடுகிறது. இதனால், அரையாண்டு காலம் பூமி வியாழனின் பக்கமும், அரையாண்டு காலம் அதன் மறுபுறத்திலும் இருக்கிறது.

பூமியும் வியாழனும் சூரியனுக்கு ஒரே பக்கத்தில் இருக்கும்பொழுது, ஒன்றோடு ஒன்று எவ்வளவு அருகில் இருக்க முடியுமோ அவ்வளவு அருகில் இருக்கின்றன. இந்த கட்டத்தில், ஒளி வியாழனின் கோள்களிலிருந்து பூமிக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு தூரம் கடந்து வருகிறது. அரையாண்டிற்குப் பின்னர், பூமியும் வியாழனும் எதிர்ப்புறங்களில் இருக்கும்பொழுது, அதன் கோள்களிலிருந்து



பூமி மற்றும் வியாழன் ஆகியவற்றின் சுற்றுப்பாதைகள்

வரும் ஒளியானது, முதலில் கடந்த தூரத்தையும், அதோடு கூட பூமியின் சுற்றுப்பாதையின் (orbit) குறுக்கு அகலத்தையும் சேர்த்து கடக்க வேண்டும். இதனால், வானியல் விஞ்ஞானிகள் கிரஹணத்தைப் பார்ப்பதற்கு அதிக நேரம் காத்திருப்பது இன்றியமையாதது ஆகும். இதனால் சராசரி நேரத்தைவிட சற்று காலதாமதமாகவே கிரஹணம் உண்டாகிறது.

பூமியும் வியாழனும் சூரியனுக்கு ஒரே புறத்தில் இருக்கும்பொழுது, ஒளி குறைந்த அளவு தூரத்தையே கடக்க வேண்டியுள்ளது. இதனால் கிரஹணம் விரைவாக வந்துவிடுகிறது. ரோமர் வாழ்ந்த காலத்தில் பூமியின் சுற்றுப்பாதையின் சரியான அகலம் கண்டுபிடிக்கப் பட்டிருக்கவில்லை. தனக்குத் தெரிந்த அளவிற்கு, பல்வேறு வரம்புகளுக்கு உட்பட்ட அகலக்கணக்கையே அவர் எடுத்துக்கொண்டார். அதனைப் பயன்படுத்தி, ஒளி சுமார் 16 நிமிட அளவில் பூமியின் அகலத்தைக் கடக்கலாம் என்று ஊகித்தார். அங்ஙனம் கடக்குமேயானால், ஒளி ஒரு நொடிப்பொழுதில் 132,000 மைல் வேகத்தில் செல்லுகிறது என்று கணக்கிட்டார்.

ஆனால், ரோமரின் கணக்கு சரியானதாக எடுத்துக்கொள்ளப்படவில்லை. பூமியின் சுற்றுப்பாதையின் அகலத்தை தவறான எண்ணிக்கையாக எடுத்துக்கொண்டிருந்த படியால், அவர் கணக்கிட்ட ஒளியின் வேகம் குறைவாக இருந்தது. சரியாகச் சொல்லப்போனால், ஒரு வினாடிக்கு 50,000 மைல்கள் குறைவாக இருந்தது. ஆனால், ஒரு முதல் முயற்சிக்கு அது முக்கியமான, நம்பிக்கை ஊட்டக்கூடிய, குறிப்பிடத்தக்க விளைவு.

ஆயினும், 1676-ல் அறிவிக்கப்பட்ட ரோமரின் கணக்கு ஒளியின் வேகத்தை ஒரு வகையில் உணர்த்தியது. கலீலியோவால் ஒளியின் வேகத்தை, மலைக்குன்றுகளுக்கிடையே விளக்கொளியை வீசிக் கணக்கிடுவதன் மூலம் கண்டறிய முடியவில்லை என்பதில் எந்த ஒரு ஆச்சரியமும் இல்லை. கலீலியோவின் மலைக்குன்றுகள் வெறும் ஒரு மைல் தூரத்தில் இருந்திருந்தால், ஒளி 1/80000 நொடிப்பொழுதில் ஒரு மலையிலிருந்து மற்றொன்றிற்குச் சென்று, திரும்ப வந்தடைந்திருக்கும். மலைக்குன்றுகள் 10 மைல் தூரத்தில் இருந்திருந்தால், ஒளி 1/6000 நொடிப்பொழுதில் சென்று, திரும்ப வந்தடைந்திருக்கும். கலீலியோவால் அவ்வளவு குறுகிய நேரத்தை அளவிட்டிருக்க முடியாது.

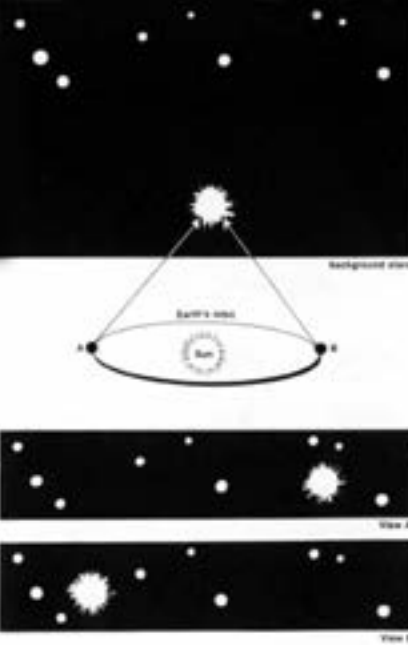
2. விண்ணிலிருந்து மண் வரை

ரோமரின் அறிவிப்பு விஞ்ஞான உலகில் அவ்வளவாக தாக்கத்தை ஏற்படுத்தவில்லை. ஒளியின் வேகத்தை மக்களால் கற்பனை செய்து புரிந்துகொள்ள முடியவில்லை. ஒரு வேளை, ஒரு கடிகாரத்தைக் கொண்டு, இவ்வளவு நுட்பமாக நேர அவகாசங்களைக் கணக்கிடுவது விசித்திரமாகக் கூட இருந்திருக்கலாம். எப்படி ஆயினும், ரோமரின் அறிவிப்பு, ஆய்வு, கண்டுபிடிப்புகள் வெகுவிரைவில் மறக்கப்பட்டன. சுமார் எழுபது வருட காலத்திற்கு, இதனை விஞ்ஞானிகளிடத்தில் நினைவூட்டும் வகையில் எதுவும் நடக்கவில்லை.

இதற்கிடையில், மற்றொரு விஷயம் விஞ்ஞானிகளிடத்தில் பரபரப்பை ஊட்டிக்கொண்டிருந்தது. வானில் நட்சத்திரங்கள் பூமியிலிருந்து வெகு தொலைவில் உள்ளன என்று தெரிந்திருந்தாலும், எவ்வளவு தூரம் என்பதை எவரும் ஊகம் செய்யவில்லை. பூமி சூரியனைச் சுற்றி வரும்பொழுது, சுற்றுப் பாதையில் தன் நிலையை மிகையாக மாற்றிக்கொண்டே இருக்கிறது.

சூரியனுக்கு ஒரு புறத்திலிருந்து, அருகில் இருப்பதாகத் தென்படும் நட்சத்திரத்திற்கும், தொலைவில் இருப்பதாகத் தெரியும் நட்சத்திரத்திற்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு இடைவெளி இருப்பதாகத் தெரியலாம். ஆறு மாதங்கள் பிறகு, சூரியனின் மறுபுறத்திலிருந்து, அதே நட்சத்திரம் வேறு கோணத்திலிருந்து பார்க்கப்படும்பொழுது, தூரத்து நட்சத்திலிருந்து வேறுபட்ட நிலையில் தோன்றும். ஆனால், தூரத்து நட்சத்திரம் அவ்வளவாகத் தன் நிலையிலிருந்து மாறுபட்டதாகத் தெரியாது. பூமியின் சுழற்சி, அதனால் பார்க்கும் கோணம் எதுவும் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்தாது.

இவ்வாறு, பூமியின் சுழற்சிக்கு ஏற்ப, அருகில் உள்ள நட்சத்திரத்தின் நிலை மாற்றம் 'இடமாறு' என்று அழைக்கப்படுகிறது. 'இடமாற்றுப் பிழை' (parallax error) என்றும் சொல்லலாம். இதனை அறிந்து கொள்ள, ஒரு சிறிய சோதனையைச் செய்து பார்ப்போம். உங்கள் முகத்திலிருந்து ஒரு அடி தூரத்தில், ஆள்காட்டி விரலைப் பிடித்துக்



இடமாறு

கொள்ளுங்கள். இடது கண்ணை மூடிக்கொண்டு, வலக்கண்ணால் மட்டும் பார்க்கும்பொழுது, விரலுக்குப் பின்புறத்தில் உள்ள சில பொருட்கள் - மரம், சன்னல் முதலியன தென்படும். விரலின் நிலையை மாற்றாமல், வலது கண்ணை மூடி, இடக்கண்ணால் மட்டும் பார்க்கும்பொழுது, விரல் மரத்திலிருந்தும், வீடு, விளக்கு முதலியனவற்றிலிருந்தும் மாறுபட்ட நிலையில் தென்படும்.

இந்த நிலை மாற்றத்திலிருந்து, விரல் நம் முகத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளது என்பதைக் கணக்கிட முடியும்.

அதே வகையில், பூமி சூரியனைச்

சுற்றி வரும் பொழுது, அதன் நிலை மாற மாற, அருகிலுள்ள நட்சத்திரத்தின் நிலைமாற்றத்தை வைத்துக்கொண்டு, பூமியிலிருந்து நட்சத்திரத்தின் தூரத்தை வானியல் நிபுணர்களால் கணக்கிட முடியும்.

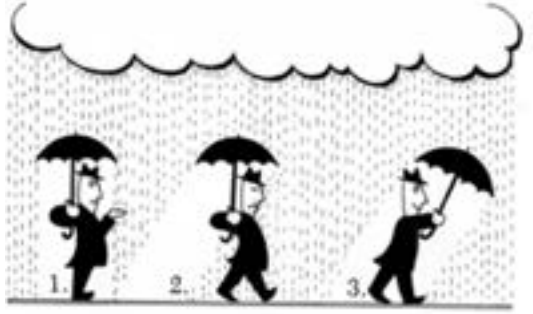
ஒரே ஒரு பிரச்சினை தான். மிக அருகில் தென்படும் நட்சத்திரங்கள் கூட, உண்மையில் வெகு வெகு தொலைவில் இருப்பதனால், அவற்றின் இடமாறு அளவுகள் குறிப்பிடத்தக்கதாக இல்லை. 1700-ல் இருந்த தொலை நோக்கிகளால் அவ்வளவு சிறிய அளவீடுகளைத் துல்லியமாகக் கணக்கிட முடியவில்லை. விஞ்ஞானிகளுக்கு இது தெரியாததால், தங்கள் ஆய்வுகளையும், சோதனைகளையும் விடாது செய்து கொண்டே இருந்தனர்.

அவர்களில் ஒருவர் ஆங்கில வானியல் விஞ்ஞானி, ஜேம்ஸ் ப்ராட்லீ

(James Bradley, 1693-1762). அவர் தன் தொலை நோக்கி மூலம், பூமி சூரியனைச்சுற்றி வரும் பொழுது தென்படும் நிலை மாற்றத்தை ஒரு சில நட்சத்திரங்களில் கண்டறிந்தார். ஆனால் இந்த நிலை மாற்றங்கள் சரியானதாகத் தோன்றவில்லை. பூமி ஒரு திசையில் சுழலும்போது, நட்சத்திரத்தின் நிலை மாற்றம் எதிர் திசையில் தானே ஏற்படவேண்டும்? ஆனால், ப்ராட்லீ கண்டது அதல்ல. நட்சத்திரம் பூமியின் திசையிலேயே, தன் நிலையை மாற்றியதாகத் தோன்றியது. இடமாறு பிழை இல்லையெனில், ஏன் அவ்வாறு தோன்ற வேண்டும்?

ப்ராட்லீ இதைப் பற்றி தீர யோசித்து, பின்வருமாறு விளக்கினார். ஒரு கடும்புயலில் நிற்பதாக நினைத்துக்கொள்வோம். மழைத்துளிகள் வானிலிருந்து நேராகக் கீழே விழுகின்றன. நாம் நம் தலைக்கு மேல் நேராகக் குடையைப் பிடித்துக் கொண்டால், நனைவதைத் தவிர்க்கலாம்.

இப்போது, புயலில் நாம் நடப்பதாக நினைத்துக் கொள்வோம். குடையின் மேல் விழத் தவறிய மழைத்துளி, கீழே வர வர, நாம் நடக்கும்போது நம்மை நனைக்கும். ஆகையால், நடக்க நடக்க நாம்



குடையை சற்றே முன் பக்கம் சாய்த்துப் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும். அப்போது, நமக்கு முன் விழும் மழைத்துளிகள், பின்புறம் விழும் மழைத்துளிகளை விட அதிகமாகக் குடையின் மேல் விழுந்து, நாம் நனைவதைத் தவிர்க்கும். மழையை நோக்கித் தானே நாம் முன்னால் சென்றுகொண்டிருக்கிறோம்!

நாம் வேகமாகச் செல்லச் செல்ல, குடையையும் அதற்கேற்ப முன்புறம் கோணத்தில் பிடித்துக் கொள்ளவேண்டும். ஏனென்றால்,

நாம் நடக்கும் வேகம் அதிகரிக்கும்பொழுது, நமக்கு முன்பக்கம் விழும் மழைத்துளிகள் அதிகமாகக் குடையின் மேல் விழாமல் தவறி, நம் மேல் விழுவதற்கு வாய்ப்புண்டு.

மழைத்துளிகள் மெதுவாக விழுமேயானால், அப்போதும் நாம் முன்னைவிட அதிகமாகக் குடையை சாய்த்துப் பிடித்துக்கொள்ள வேண்டும். ஏனெனில், மெதுவாக விழும் மழைத்துளிக்குள் செல்வதற்கு நமக்கு அதிக நேரம் இருப்பதே காரணமாகும். அதனால் நாம் அதிகமாக நனைவதற்கும் வாய்ப்புண்டு.

நாம் செல்லும் வேகத்தையும், மழைத்துளிகள் விழும் வேகத்தையும் நாம் அறிந்தால், அவற்றிலிருந்து நாம் எத்தனை டிகிரி கோணத்தில் குடையைப் பிடித்துக் கொள்ளவேண்டும் என்பதையும் கணக்கிடலாம்.

ப்ராட்லீ நட்சத்திரத்திலிருந்து வரும் ஒளியும் மழைத்துளிகள் போலவே பூமியில் விழுவதாக எடுத்துக் கொண்டார். ஆனால், பூமியும் ஓரிடத்தில் இல்லாமல், சூரியனைச் சுற்றிச் சுழன்றுகொண்டே இருக்கிறதே! இதனால், மழைத்துளிகளைத் தடுப்பதற்கு குடையைச் சாய்த்து பிடிப்பதுபோல், நட்சத்திரத்தின் ஒளியைப் பிடிப்பதற்கு, தொலை நோக்கியைச் (telescope) சற்று சாய்த்து வைக்கவேண்டும். சூரியனைச் சுற்றி பூமி வளைந்து செல்லும்பொழுது, நட்சத்திரங்களும் பூமியின் திசையிலேயே சற்று நிலைமாறுவதுபோலத் தென்படும். இதைத்தான் ப்ராட்லீ ஊகித்தார்.

தொலை நோக்கியை எந்தக் கோணத்தில் சாய்த்துப்பிடித்துக்கொள்ள வேண்டும் என்பதை ப்ராட்லீ துல்லியமாகக் கணக்கிட்டிருந்தார். அதுவே நட்சத்திரத்தின் நிலை மாற்றத்தின் அளவாகும். பூமி சூரியனைச் சுற்றி வரும் வேகத்தையும் அவர் அறிந்திருந்தார். இவற்றிலிருந்து, நட்சத்திலிருந்து ஒளி பூமியில் விழும் வேகத்தைக் கணக்கிட்டு, அதுவே ஒளியின் வேகம் என்று தீர்மானித்தார். அவர் 1748ம் ஆண்டு, ஒளி ஒரு நொடிக்கு 176,000 மைல் வேகத்தில் செல்கிறது என்று அறிவித்தார். இது ரோமரின் அளவைவிட ஓரளவு துல்லியமானதாக இருந்தாலும்,

ஒரு நொடிக்கு 10,000 மைல்கள் வீதம் குறைவாகத்தான் இருந்தது.

ப்ராட்லீயின் காலத்தில் வானியல் விஞ்ஞானிகள் ஒளியின் வேகக் கணக்குகளை ஒப்புக்கொள்ள ஓரளவு தயாராகத்தான் இருந்தார்கள். முதல் தடவையாக, வானியல் விஞ்ஞானிகள் ஒளியின் வேகத்தை ஒரு எண்ணிக்கையாக ஒப்புக் கொண்டனர்.

ரோமர், ப்ராட்லீ இருவரும் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய வானியல் நிகழ்வுகளையே அடிப்படையாக எடுத்துக் கொண்டனர். ஒருவர் வியாழனிலிருந்து பூமிக்கு ஒளி வந்தடையும் நேரத்தையும், மற்றொருவர் ஒரு நட்சத்திலிருந்து பூமிக்கு ஒளி வந்தடையும் திசையையும் வைத்துக் கொண்டு கணக்கிட்டனர்.

பூமியில் நடக்கும் நிகழ்வுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய வாய்ப்புண்டா? விஞ்ஞானிகளால் ஒளியின் வேகத்தை, பூமியில் கண்டறிய முடியுமா? அங்ஙனம் செய்தால், தேவையான மாற்றங்களைச் சேர்ப்பதும், மற்ற விவரங்களைக் கண்டறிவதும் சற்று சுலபமாக இருக்கும் அல்லவா?

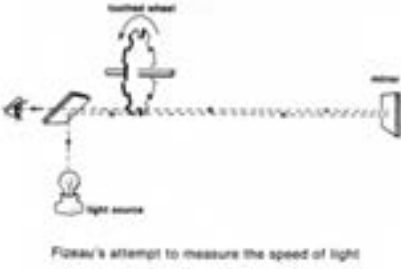
1849-ம் ஆண்டு ஆர்மாண்ட் ஹிப்போலைட் பிஜியு (Armand Hippolyte Fizeau, 1819-1896) என்ற பிரென்சு விஞ்ஞானி கலீலியோவின் சோதனையைச் சில மாற்றங்களுடன் செய்ய முனைந்தார். கலீலியோ செய்ததைப் போலவே அவரும் இரு மலைக்குன்றுகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார். இவை ஒன்றுக்கொன்று 5 மைல் தூரத்தில் அமைந்திருந்தன. எதிர்வினை நேரத்தையும், அதன் விளைவுகளையும் அவர் அறவே தவிர்த்தார். உதவியாளருக்கு பதிலாக, இரண்டாவது மலைக்குன்றில் ஒரு கண்ணாடியை வைத்தார்.

பிஜியு முதல் மலையிலிருந்து ஒளியை வீசுவார். அது இரண்டாவது மலையின்மேல் விழுந்து, கண்ணாடியால் ப்ரதிபலிக்கப்பட்டு, பிஜியுவை வந்து சேரும். ஒளிவீச்சு சென்று, திரும்ப வந்தடையும் நேரம், ஒளி பத்து மைல் தூரம் செல்வதற்கான நேரமாகும். அதிலிருந்து

ஒருவர் ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட முடியும்.

பிஜியு, கலீலியோவை விட சிறந்த அளவு நுட்பத்தை உடைய கடிகாரங்களை வைத்திருந்தார். ஆனாலும், அவரால் 1/18000 நொடிப்பொழுது, அல்லது அதைவிட சிறிய கால அவகாசங்களை அளக்க முடியவில்லை. அவர் புத்திசாலித்தனமாக யோசிக்கலானார்.

அவர் ஒரு பல்சக்கரத்தை எடுத்துக் கொண்டார். அதனை, அதன் விளிம்பு ஒளிவீச்சின் பாதையில் வருமாறு அமையச் செய்தார்.



**ஒளியின் வேகத்தை அளவிடுவதற்கான
பெகவின் முயற்சி**

ஒளிவீச்சு சக்கரத்தின் நடு நடுவே உள்ள இடைவெளிகளின் உட்புறமாகச் செல்லுமா என்பது சக்கரத்தின் நிலையைப் பொறுத்தது. பல்சக்கரத்தின் ஒரு கூரிய பல் விளக்கொளிவீச்சின் நேர் முன்னே இருந்தால், ஒளி தடுத்து நிறுத்தப் படும். இரு கூரிய பற்களின் இடைப்பாகத்தில் விளக்கொளி வீழ்ந்தால், அது இடைவெளி வழியாகச் செல்லும்.

பிஜியு பல்சக்கரத்தை மெதுவாக சுழலச் செய்தார். ஒளி பல்சக்கரத்தின் இடைவெளிக்குள் சென்றால், அது அருகில் உள்ள குன்றின்மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடியால் ப்ரதிபலிக்கப்பட்டு, பிஜியுவைத் திரும்ப வந்தடைந்தது. இது பிஜியு எதிர்பார்த்ததைவிட வெகு விரைவாக நேர்ந்தது. விளக்கொளி திரும்ப வந்தடைந்த போதும், சக்கர இடைவெளி அதே நிலையில் இருந்தது. பல்சக்கரம் சிறிதளவு கூட சுழன்று, விளக்கொளியின் பாதையைத் தடைப்படுத்தவில்லை.

பிஜியு பல்சக்கரத்தின் வேகத்தைச் சற்று அதிகரித்தார். ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் சுழலச் செய்தபோது, விளக்கொளி வீச்சு சக்கரத்தின்

இடைவெளி வழியாக கண்ணாடியில் விழுந்து ப்ரதிபலிக்கப்பட்டது. விளக்கொளி பிஜியுவைத் திரும்ப வந்து அடைந்தபொழுது, பல்சக்கரம் சிறிது நகர்ந்து ஒளி பிஜியுவை வந்து அடையாமல் தடுத்து நிறுத்தியது.

பிஜியு சக்கரத்தின் வேகத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றிருந்தால், ஒரு தருணத்தில் விளக்கொளி, சக்கரத்தின் இடைவெளி வழியாகச் சென்று, 5 மைல் தூரம் கடந்து, கண்ணாடியில் விழுந்து ப்ரதிபலிக்கப்பட்டு, மீண்டும் 5 மைல் தூரம் திரும்பி வரும். இதற்குள், சக்கரத்தின் பல் ஒளியின் பாதையில் வந்து ஒளியைத் தடுத்திருக்கும். ஆனால், விளக்கொளி வெகு விரைவாகத் திரும்பி அடுத்த இடைவெளி வழியாகச் சென்று, பிஜியுவின் கண்களுக்குத் தென்பட்டது.

பிஜியு சக்கரத்தின் வேகத்தை அறிந்திருந்தார். அதிலிருந்து, சக்கரத்தின் சுழற்சியில் விளக்கொளி இடைவெளி வழியாகச் செல்லும் தருணத்திற்கும், தடைபட்டுப் போவதற்கும் இடையே நேர்ந்த கால அவகாசத்தைக் கணக்கிட்டார். இதன் மூலம், இரு இடைவெளிகளின் கால அவகாசத்தையும், இரு தடைகளின் கால அவகாசத்தையும் கணக்கிட முடிந்தது. ஒளி பத்து மைல் தூரம் சென்று திரும்பும் நேரத்தைக் கணக்கிட்டு, அதிலிருந்து ஒளியின் வேகத்தை அறிந்தார்.

பிஜியுவின் 1849 கணக்கின்படி, ஒளியின் வேகம் நொடிக்கு 196000 மைல்கள். இதற்கு முன், மிகவும் அதிகபட்சமான அளவு ஒன்று கணக்கிடப் பட்டிருந்தது. பிஜியுவும் ப்ராட்லீயும் ஏறக்குறைய ஒன்றாகத் தான் ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட்டார்கள். ப்ராட்லீயின் அளவு நொடிக்குப் பத்தாயிரம் மைல்கள் வீதம் குறைவாகவும், பிஜியுவின் கணக்கு நொடிக்குப் பத்தாயிரம் மைல்கள் வீதம் அதிகமாகவும் இருந்தது.

ஆனால், பிஜியு சோதனையின் அடிப்படையை, விண்வளியிலிருந்து பூமிக்குக் கொண்டுவந்திருந்தது குறிப்பிடத்தக்கதாகும். தற்போது, இதைவிட சிறந்த முயற்சி தேவையாக இருந்தது.

3. ஆய்வகத்தில்

பிஜியு தன் ஆய்விற்கு, ஜீன் பெர்னார்ட் க்போகால்ட் (பூகோ) (Jean Bernard Leon Foucault, 1819-1868) என்ற பிரெஞ்சு நாட்டு விஞ்ஞானியின் உதவியை நாடியிருந்தார்.

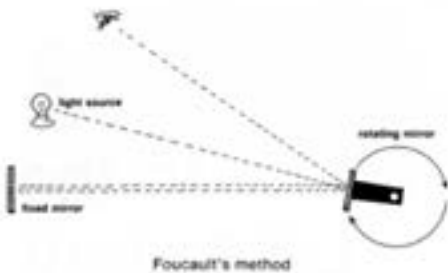
பூகோ, பிஜியுவின் ஆய்வைத் தழுவி, தானும் ஒரு ஆய்வை மேற்கொண்டார். பல்சக்கரத்திற்கு பதிலாக, அவர் இரண்டாவது கண்ணாடி ஒன்றைப் பயன்படுத்தினார். ஒளி முதல் கண்ணாடியைச் சென்றடைந்து, அதிலிருந்து இரண்டாவது கண்ணாடியின் மேல் விழுந்து ப்ரதிபலிக்கப்பட்டு, திரை ஒன்றின் மேல் விழுமாறு அமைத்திருந்தார்.

இரண்டாவது கண்ணாடியை வேகமாகச் சுழலும்படி செய்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். விளக்கொளி முதல் கண்ணாடியின் மேல் விழுந்து, இரண்டாவதை வந்தடைவதற்குள், கண்ணாடி சற்றே சுழன்று, நகர்ந்து ஒளியைத் திரையில் வேறொரு இடத்தில் விழச்செய்யும்.

கண்ணாடி சுழலும் வேகம் தெரிந்திருந்தபடியால், திரையில் ஒளி விழும் இரண்டு இடங்களின் தொலைவிலிருந்து, ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிடமுடியும்.

பூகோ தன் ஆய்வைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்தார். ஒவ்வொரு முறையும்

தன் ஆய்விலும், தான் பயன்படுத்திய சோதனை அமைப்பிலும் சிறிது மாற்றங்களைச் செய்தார். 1862-ல் அவர் ஒளியின் வேகத்தை, வினாடிக்கு 185,000 மைல்களாகக் கணக்கிட்டார். அன்று வரை அறிந்திருந்த ஆய்வின் அடிப்படையில், இதுவே



ஃபூக்கோலின் முறை

மிகச் சரியானதாகவும், துல்லியமானதாகவும் இருந்தது. நொடிக்கு 1000 மைல்கள் வீதமே வித்தியாசம் இருக்கக் கூடும் என்று விஞ்ஞானிகள் நம்பினர்.

பூகோவின் ஆய்வில் மற்றொரு நன்மையும் இருந்தது. ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட, வெகுதூர அளவுகளை அவர் பயன்படுத்த தேவை இருக்கவில்லை. மலைக்குன்றுகளும் தேவையிருக்கவில்லை. பூகோ 66 அடிகளுக்குள்ளாகவே ஒளிக்கதிர்களை வீசச் செய்து ஆய்வை நடத்தினார்.

தற்போது ஒளியின் வேகத்தை கணக்கிடுவது ஆய்வகத்திற்கு உள்ளேயே சாத்தியமாக ஆயிற்று. காற்றின் வழியாக மட்டுமல்லாது, பிற பொருட்களின் வழியாக ஒளியை வீசச் செய்தும் அதன் வேகத்தைக் கணக்கிடமுடியும் என்பது விளங்கியது.

5-10 மைல் தூரம் இடைவெளியில் விளக்கொளி வீச்சை செலுத்தவேண்டும் என்றால், காற்றின் வழியாக மட்டுமே ஒளியை வீசச்செய்து ஆய்வை நடத்தமுடியும். 5 மைல் அகலமுள்ள நீர்தொட்டியைப் பயன்படுத்தினாலும், தண்ணீரில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறியமுடியாது. நீரின் ஆழத்தில் விளக்கொளி மறைந்துவிடும்.

பூகோ குறைந்த தொலைவுகளுக்கிடையே ஒளியை வீசச் செய்ததால், அவரால் தண்ணீரிலும் ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிடமுடிந்தது.

அவருடைய காலத்தில் ஒளியைப் பற்றிய விஞ்ஞான அறிவில் இரண்டு விதமான வாதங்கள் இருந்தன. சிலர் ஒளி துகள்களால் (particle theory) ஆனது என்று எண்ணினர். மற்றும் சிலர் ஒளி அலைகளால் (wave theory) ஆனது என வாதித்தனர். இவை இரண்டில் அலைக் கோட்பாட்டையே பெரும்பாலானோர் ஒப்புக் கொண்டனர். ஆனால், ஒளி துகள்களால் ஆனது என்று வாதித்தவர்களால் இதனை முழுதாக ஒப்புக்கொள்ள இயலவில்லை.

துகள் கோட்பாட்டின் படி, ஒளி காற்றைவிடத் தண்ணீரில் வேகமாகச் செல்கிறது. அலைக்கோட்பாட்டின் படி, ஒளியின் வேகம் தண்ணீரில் குறையும்.

1853-ல், பூகோ ஒளிக்கதிரைத் தண்ணீரில் பாயச்செய்து, சுழலும் கண்ணாடி முறையைப் பயன்படுத்தினார். இதன் அடிப்படையில் ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட்டார். தண்ணீரில் ஒளியின் வேகம், காற்றில் ஒளி செல்லும் வேகத்தில் நான்கில் மூன்று பங்காக இருந்தது. இதனால் அலைக்கோட்பாடு தான் சரியாகத் தோன்றியது. ஏறக்குறைய 50 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர், ஒளி சில சமயங்களில் துகளாகவும், சில சமயங்களில் அலையாகவும் நடந்து கொள்கிறது என்பது புரிந்தது.

காற்றிலிருந்து மற்றொரு ஒளி ஊடுருவும் பொருள் (transparent medium) வழியாக, ஒளி செல்லும்பொழுது, அதன் பாதை வளைகிறது. இதனை ஒளி விலகல் (refraction) என்று அழைக்கிறோம். வளையும் அல்லது விலகும் அளவு அப்பொருளின் விலகல் குறியீட்டைப் (refractive index) பொறுத்தது. விலகல் குறியீடு அதிகமாக இருந்தால், ஒளி மெதுவாகச் செல்லும்.



தண்ணீரில் ஒளியின் ஒளிவிலகல்

ஒளி தண்ணீரின் வழியாக வினாடிக்கு 140,000 மைல் வேகத்தில் செல்கிறது. தண்ணீரைவிட கண்ணாடிக்கு விலகல் குறியீடு அதிகம். ஆகையால், ஒளி கண்ணாடியின் வழியாக வினாடிக்கு 125,000 மைல் வேகத்தில் செல்கிறது. வைரத்திற்கு (diamond) கண்ணாடியை விடக்கூட விலகல் குறியீடு அதிகம். ஆகையால், வைரத்தின் வழியாக ஒளியின் வேகம் நொடிக்கு 71,000 மைல்களாகக் குறைகிறது.

பூகோவை அடுத்து, பற்பல விஞ்ஞானிகள் இந்த ஆராய்ச்சியில்



**ஆல்பர்ட் ஏ .மிகெல்சன்
(1852-1931)**

ஈடுபட்டனர். அவர்களில் குறிப்பிடத்தக்கவர் அமெரிக்க-ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி ஆல்பர்ட் ஆப்ரஹாம் மைக்கேல்சன் (Albert Abraham Michaelson, 1852-1931) ஆவார்.

இவர் 1878-ம் ஆண்டு, தன் ஆய்வைத் தொடங்கினார். பூகோவின் விதிமுறைகளைத் தழுவி, ஆனால் அதைவிடத் துல்லியமாகத் தன் ஆய்வைச் செய்தார். பூகோ சுழலும்

கண்ணாடியைப் பயன்படுத்தி ஒளிக்கதிரை அங்குலத்தில் $1/40$ பங்கு வீதம் விலகச்செய்து, கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டிருந்தார். ஒரு அங்குலத்தில் $1/40$ பங்கு என்பதை அளப்பது மிகவும் கடினமாக இருந்தது.

மைக்கேல்சன் 5-அங்குலங்கள் தூரத்திற்குத் திரையில் ஒளியை விலகச் செய்திருந்தார். அவர் 1879ம் ஆண்டு, ஒளியின் வேகத்தை நொடிக்கு 186,355 மைல்களாகக் கணக்கிட்டிருந்தார். இது நொடிக்கு, 73 மைல்கள் வீதமே மிகையாக இருந்தது. அவர் தன் கண்டுபிடிப்பிற்கு 1907ம் ஆண்டு, நோபல் பரிசு பெற்றார். விஞ்ஞானத்தில் நோபல் பரிசு பெற்ற முதல் அமெரிக்கர் இவரே ஆவார்.

மைக்கேல்சன் மிகவும் துல்லியமான முறையில், நுட்பமான கருவி அமைப்புகளைக் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட விரும்பினார். ஒவ்வொரு முறையும் சில சில மாற்றங்களைச் செய்து, தன் ஆய்வை நடத்தினார். கல்லியோவும் பிஜியுவும் நடத்தியபடி, மலைக்குன்றுகளைத் தேர்ந்தெடுத்தும் முயற்சி செய்தார். அவர் அங்ஙனம் செய்திருக்க வேண்டிய அவசியம் இல்லை. ஆய்வகத்திலேயே அவருக்கு சிறந்த முறையில் பதில்களும் விளக்கங்களும் கிடைத்திருந்தன. அவர் துல்லியமான முறையில் தன் ஆய்வுச் சோதனையை, தொலை தூரங்களைக் கொண்டு நடத்தியும் பார்க்க வேண்டும் என்று எண்ணினார். தன் கணக்குகள் இன்னும் சிறந்ததாக இருக்கும் என்று நினைத்தார்.

1923ம் ஆண்டு, கலிபோர்னியாவில் (California) இரு மலைகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார். இவை ஒன்றுக்கொன்று 22 மைல்கள் தூரத்தில் அமைந்து இருந்தன. மைக்கேல்சன் தன் முன்னோடிகள் பயன்படுத்தியதை விட அதிக பிரகாசத்தைத் தரக்கூடிய விளக்குகளைத் தேர்ந்தெடுத்தார். இவை மின் விளக்குகள். 22 மைல்கள் தொலைவிலும் பளிச்சென்று தெரியக்கூடிய விளக்குகள் இவை.

மைக்கேல்சன் மலைகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம் 22 மைல்கள் என்ற தோராயமான அளவைக் கொண்டு திருப்தி அடையவில்லை. அதைத் துல்லியமாகக் கணக்கிட விரும்பினார். அந்த அளவுக்கு, ஒளியின் வேக அளவுகளும் நுட்பமாக இருக்கும் என ஊகித்தார். தன் ஆய்வுக் கருவிகளை எங்கு அமைத்தாரோ, அந்த இடங்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தை அங்குலங்கள் வீதத்தில் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டார். எட்டு பக்கங்கள் கொண்ட சுழலும் கண்ணாடி ஒன்றைப் பயன்படுத்தினார். அது மிகச்சிறந்த முறையில் ஒளியைத் தன்னுள் வாங்கி, ப்ரதிபலித்து, திரையில் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று அகண்ட இரண்டு வெவ்வேறு இடங்களில் வீசச்செய்யக்கூடியதாக இருந்தது.

மைக்கேல்சன் தன் ஆய்வுச் சோதனைகளைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்தார். 1927ம் ஆண்டு, ஒரு வினாடிக்கு 186,295 மைல்கள் என்பது தான் ஏறக்குறைய சரியான கணக்கு என்று முடிவு செய்தார். இது வினாடிக்கு 13 மைல் வீதமே மிகையாகத் தோன்றியது.

மைக்கேல்சன் அப்பொழுதும் திருப்தி அடையவில்லை. ஒளி வீச்சைக் காற்றின் வழியாக அனுப்பும்பொழுது, ஒளி வேகக்குறைவிற்கு உட்படுகிறது. ஏனெனில் காற்றின் விலகல் குறியீடு மிகக் குறைவு. ஒளியின் உண்மையான, அதிகபட்சமான வேகத்தைக் கண்டறிய வேண்டுமென்றால், அதை ஒரு வெற்றிடத்தின் வழியாகத் தான் செலுத்த வேண்டும்.

ரோமரும் ப்ராட்லீயும் ஒளிவீச்சை விண்வெளியில் ஆராய்ந்து, தங்கள்

ஆய்வுகளை நடத்தினர். வின்வெளி வெற்றிடத்திற்கு நிகரானது. ஆனால், அவர்கள் உபயோகப்படுத்திய அளக்கும் கோட்பாடுகளும், கருவிகளும் நுட்பமாக இல்லாமையால், அவர்களால் ஒளியின் வேகத்தைச் சரியாகக் கணக்கிடமுடியவில்லை.

பிஜியு, பூகோ, மைக்கேல்சன் தங்கள் ஆய்வுகளில் இதைவிட நுட்பமான முறைகளைப் பயன்படுத்தினாலும், அவர்கள் ஒளிவீச்சை காற்றின் வழியாகத்தான் செலுத்தினர். மைக்கேல்சன் தற்போது நுட்பமான முறைகளைப் பயன்படுத்தி, ஒளியின் வேகத்தை வெற்றிடத்தில் கணக்கிட முயற்சித்தார்.

அவர் ஒரு நீளக் குழாயைப் பயன்படுத்தினார். அதன் நீளத்தையும், சுற்றளவையும் அவர் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டிருந்தார். குழாயிலிருந்து காற்றை முழுதாக நீக்கி, வெற்றிடத்தை உண்டாக்கினார். அதனுள்ளே கண்ணாடிகளை வைத்து, முன்னும் பின்னுமாக ஒளியை வீசச்செய்து, 10 மைல் தூரத்திற்குச் செல்லும்படி அமைத்தார். ஆய்வைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்து கணக்குகளைச் சேகரித்தார். ஏறக்குறைய தன் வாழ் நாள் இறுதிவரை தன் ஆய்வுச் சோதனைகளைச் செய்து கொண்டிருந்தார். அவர் உதவியாளர்கள் அவர் காலத்திற்குப் பிறகும் இந்த ஆய்வுகளைத் தொடர்ந்தனர். 1933ம் ஆண்டு, ஒளியின் வேகத்தை வினாடிக்கு 186,271 மைல்களாக அறிவித்தனர். அது வினாடிக்கு 11 1/2 மைல்கள் வீதம் குறைவாகத் தோன்றியது.

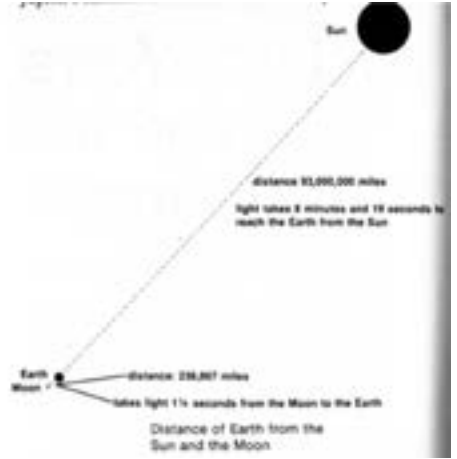
(மைக்கேல்சன் இன்னொன்றும் கண்டறிந்தார். ஒளியை, அதிக விலகல் குறியீட்டைக் கொண்ட வைரம் போன்றவற்றின் வழியாகச் செலுத்தும்போது, ஊதாவைப் போல் குறுகிய அலை நீளம் கொண்ட ஒளி, சிவப்பு போன்ற அதிக அலை நீளம் கொண்ட ஒளியை விட, அதிகமாக வளைகிறது. குறைந்த அலை நீளம் கொண்ட ஒளி மெதுவாகச் செல்கிறது. ஆனால், வெற்றிடத்தில் எல்லா ஒளியும் ஒரே வேகத்தில் தானே செல்லவேண்டும்?)

4. பிரபஞ்சமும் ஒளி ஆண்டுகளும்

இப்பொழுது நாம் ஒளியின் வேகத்தைத் துல்லியமாகக் கண்டறிந்துவிட்டபடியால், பிரபஞ்சத்தைப் பற்றி சில செய்திகளை அறிவோம்.

பூமியிலிருந்து சந்திரன் ஏறக்குறைய 238,867 மைல்கள் தொலைவில் இருக்கிறது. சந்திரனிலிருந்து பூமியை வந்தடைவதற்கு ஒளி எவ்வளவு நேரம் எடுத்துக் கொள்கிறது? $1 \frac{1}{4}$ வினாடிகள் தான்.

ஒரு வேளை, ஏதோ காரணத்தால், என்றாவது ஒரு நாள் சந்திரன் மறைந்து போகுமேயானால், தன் இறுதி வினாடிகளில் அது ப்ரதிபலித்த ஒளி $1 \frac{1}{4}$ நொடிகளுக்குப் பிறகே நம்மை வந்து அடையும். அதனால், $1 \frac{1}{4}$ நொடிகள் வரை நமக்கு சந்திரன் மறைந்ததே தெரியாமல் இருக்கும்.



பூமியிலிருந்து சூரியன் $93,000,000$ மைல்கள் தொலைவில் உள்ளது. சூரியன் மற்றும் சந்திரனிலிருந்து பூமியின் இடையே உள்ள தூரம்

சூரியனின் ஒளி பூமியை வந்தடைவதற்கு 8 நிமிடம் 19 நொடிகள் ஆகிறது. என்றாவது ஒரு நாள் சூரியன் மறைந்துபோகுமானால், $8 \frac{1}{3}$ நிமிடங்களுக்குப் பிறகே நமக்குத் தெரியவரும். பூமியின் சுற்றுப்பாதையின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து எதிர்ப்பக்கம் ஒளி வந்து அடைவதற்கு 16 நிமிடங்கள் 38 நொடிகள் ஆகும். இதையே தான் ரோமரும், வியாழனின் கிரஹணங்களை ஆண்டின் வெவ்வேறு சமயங்களில் ஆராய்ந்து கண்டறிந்திருந்தார்.

கிரஹங்களிலே மிகத் தொலைவானது ப்ளுட்டோ (Pluto). அது சூரியனிலிருந்து, பூமியைப் போல் ஏறக்குறைய 40 மடங்கு தூரத்தில் உள்ளது. அதனால், சூரிய ஒளி பூமியின் சுற்றுப்பாதையைக் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைப் போல 40 மடங்கு நேரம் ப்ளுட்டோவின் சுற்றுப்பாதையைக் குறுக்கே கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும்.



நட்சத்திர வரைபடம்

ஒளி ப்ளுட்டோவின் சுற்றுப்பாதையைக் கடப்பதற்கு 11 மணி நேரம் ஆகும்.

நட்சத்திரங்களும் பூமியிலிருந்து மிக மிகத் தொலைவில் உள்ளன. அதனால், ஒளி ஆண்டு என்பதனைக் கொண்டு அவற்றின் தூரத்தைக் கணக்கிட்டு வெளிப்படுத்தலாம்.

ஒளி ஆண்டு என்பது ஒரு ஆண்டு காலத்தில் ஒளி பயணம் செய்யும் தூரமாகும். ஒளி ஆண்டு என்பது உண்மையில் எவ்வளவு தூரம்?

60 வினாடிகளைக் கொண்டது ஒரு நிமிடம். 60 நிமிடங்களைக் கொண்டது ஒரு மணி நேரம். ஆகையால், 3600 வினாடிகளைக் கொண்டது ஒரு மணி நேரம். ஒரு நாளில் 24 மணி நேரம் என்றால், ஒரு நாளில் 86,400 வினாடிகள் உள்ளன. ஒரு வருடத்தில் 365.2422 நாட்கள். ஆகையால், ஒரு வருடம் $86,400 \times 365.2422$, அதாவது 31,556,926 வினாடிகளைக் கொண்டது.

ஒரு வினாடியில் ஒளி 186,282.3959 மைல்கள் செல்கிறது. 1 வருடத்தில், ஒளி $186,282.3959 \times 31,556,926$, அதாவது 5,878,499,776,000 மைல்கள் செல்லும். 1,000,000,000,000 என்பது ஒரு டிரில்லியன் (trillion) எனப்படும். ஒரு ஒளி ஆண்டு என்பது 6

டிரில்லியன் மைல்களுக்குச் சற்றே குறைவானது.

விஞ்ஞானிகளின் கணக்கின்படி, 1 ஒளியாண்டு பூமியிலிருந்து சந்திரனின் தூரத்தைப் போல 25 மில்லியன் மடங்கு தூரத்தைக் குறிக்கும். பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்குச் செல்வதற்கு விண்வெளி வீரர்களுக்கு 3 நாட்கள் ஆகிறது. இதே வேகத்தில் அவர்கள் செல்வாரே ஆயின், ஒரு ஒளி ஆண்டு தூரத்தைக் கடப்பதற்கு 200,000 ஆண்டுகள் ஆகும்.

ப்ரூட்டோவின் சுற்றுப் பாதையின் குறுக்களவைப் போல 1600 மடங்கு ஒரு ஒளி ஆண்டின் தூரம் ஆகும்.

இப்பொழுது, நாம் நட்சத்திரங்களின் தூரங்களைப் புரிந்துகொள்ளத் தயாராக இருக்கிறோம்.

பூமிக்கு மிக அருகில் இருப்பது ஒரு மங்கலான நட்சத்திரம். இதன் பெயர் 'ப்ராக்கிமா செண்டாரி' (Proxima Centauri). இது பூமியிலிருந்து 4.27 ஒளி ஆண்டுகள் அல்லது 25 டிரில்லியன் மைல்கள் தொலைவில் இருக்கிறது. இதைவிட அருகில் வேறு எந்த நட்சத்திரமும் இல்லை.

ப்ராக்கிமா செண்டாரியிலிருந்து நம்மை நோக்கி வரும் ஒளி, பூமிக்கு வந்து சேர்வதற்கு 4.27 ஆண்டுகள் ஆகிறது. பூமியிலிருந்து சந்திர மண்டலத்திற்கு 1 1/4 வினாடிகளில் போய்ச் சேரும் ஒளியானது, ப்ராக்கிமா செண்டாரியிலிருந்து நம்மை வந்தடைய 4.27 ஆண்டுகள் ஆகிறது. இதில், வியப்பென்னவென்றால், ப்ராக்கிமா செண்டாரி தான் நமக்கு மிக அருகில்லுள்ள நட்சத்திரம் ஆகும்.

சிரியஸ் (Sirius) அனைத்து நட்சத்திரங்களை விட மிகுத்த ஒளி உடையதாகும். இது பூமியிலிருந்து 8.64 ஒளி ஆண்டுகள் தொலைவில் உள்ளது. இது ப்ராக்கிமா செண்டாரியை போல் இரண்டு மடங்கு ஆகும்.

ஒரியன் (Orion) என்னும் நட்சத்திர மண்டலத்தின் முக்கியமான நட்சத்திரங்களில் ஒன்று 'ரைஜல்' (Rigel) ஆகும். இது சிரியஸைப் போல் 95 மடங்கு தூரத்தில் உள்ளது. பூமியிலிருந்து இதன் தொலைவு 815 ஒளி ஆண்டுகள் ஆகும். இதன் ஒளி பூமியை வந்தடைவதற்கு 815 வருடங்கள் ஆகும். ரைஜலைப் பார்க்க நேரிட்டால், அதிலிருந்து நம்மை வந்தடையும் ஒளி 'ரிச்சார்டு, தி லயன்-ஹார்ட்டட்' அரசர் (King Richard, the lion-hearted) , சிறுவனாக இருந்த போது வெளிவந்ததாகும். ஆயினும், ரைஜலும் நம் ப்ரபஞ்சத்தைச் சேர்ந்த ஒரு நட்சத்திரம் தான்.



பால்வெளி மண்டலம்

சூரியன் மற்றும் பல நட்சத்திரங்கள் ஏறக்குறைய 200-300 பில்லியன் நட்சத்திரங்களைக் கொண்ட நட்சத்திர மண்டலத்தைச் சார்ந்தவை. இதுவே 'பால்வெளி மண்டலம்', 'மில்கி வே காலாக்ஸ்' (milky way galaxy) என்று அழைக்கப் படுகிறது. இது ஒரு சுழலும் சக்கரத்தைப் போன்ற வடிவம் கொண்டதாகும்.

பூமி பால்வெளி மண்டலத்தின் மையத்தின் அருகாமையில் இல்லை. பூமியும், பூமியிலிருந்து நம் கண்களுக்குத் தென்படும் நட்சத்திரங்களும் மண்டலத்தின் நடுமையத்திலிருந்து குறைந்தபட்சம் 25,000 ஒளி ஆண்டுகள் தொலைவில் இருக்கின்றன. மண்டலத்தின் நடுவிலிருந்து நமக்கு எவ்வித ஒளியும் தென்படுவதே இல்லை. ஏனென்றால், நமக்கிடையில் அகண்ட, இருண்ட துகள் மூட்டங்கள் மேகக்கூட்டங்களைப் போல் மறைத்துக்கொண்டிருக்கின்றன.

ரேடியோ அலைகள் (Radio Waves) மட்டுமே இந்த மேகக் கூட்டங்களைத் துளைத்துக் கொண்டு, நம்மை வந்தடையக்கூடியவை.

தற்சமயத்தில் மண்டலத்தின் நடு மையத்திலிருந்து நாம் பெறும் ரேடியோ அலைகள், ஏறக்குறைய 25,000 ஆண்டுகளுக்கு முன் வெளிப்படுத்தப்பட்டவை. இது மனிதன் நாகரீகம் அடைவதற்கும் முந்தைய காலமாகும்.

பால்வெளி மண்டலத்தின் முழு குறுக்களவு 100,000 ஒளி ஆண்டுகள் ஆகும். இதன் அர்த்தம் என்னவென்றால், சந்திரனிலிருந்து பூமிக்கு 1 1/4 வினாடிகளில் வந்து சேரும் ஒளிவீச்சு, மண்டலத்தை முழுதாகக் கடந்து செல்ல 100,000 ஆண்டுகள் எடுத்துக் கொள்ளும்.

மேலும் சொல்லப்போனால், இந்த பிரபஞ்சத்தில் நம் பால்வெளி மண்டலம் மட்டும்தானா? இன்னும் பல்லாயிரக்கணக்கான மண்டலங்கள் இருக்கின்றன. இவற்றுள் பல மண்டலங்கள்

பால்வெளி மண்டலத்தை விடச் சிறிதானவை. சில மிகப் பெரிதானவை. நமக்கு அருகில் உள்ள ஒரு பெரிய மண்டலம் 'ஆண்டிரோமீடா' (Andromeda) என்பதாகும்.

நன்றாக இருண்ட மேகமூட்டமில்லாத இரவுப் பொழுதில் நம்மால் அதை ஒரு பனி படர்ந்த நிழல் போல, ஆண்டிரோமீடா நட்சத்திரக் கூட்டத்தின் அருகிலேயே காணமுடியும். நாம் வெறுங்கண்களால் பார்க்கக்கூடியவற்றுள் மிக மிகத் தொலைவானது இதுவே ஆகும்.



உள்ளூர் கேலக்ஸிகளின் வரைபடம்



ஆந்தரோமெடா

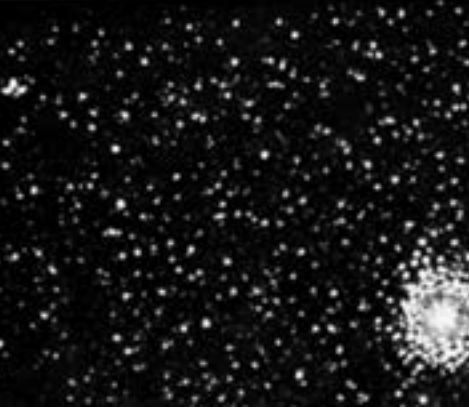
ஆண்டிரோமீடா பூமியிலிருந்து 2,300,000 ஒளியாண்டுகள் தொலைவில் உள்ளது. ஆண்டிரோமீடா மண்டலத்திலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் 2,300,000 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர்தான் பூமியை வந்தடையும். இந்த ஒளி, நவீன மனிதர்களின் காலத்திற்கு முன்னரே மண்டலத்திலிருந்து கிளம்பியிருக்கக்கூடியவை. இச்சமயத்தில், பூமியில் மேம்பட்ட உயிர் ஜீவனங்கள் என்பவை ஆப்பிரிக்க நாட்டில் மூளை

வளர்ச்சி அதிகமில்லாத, நான்கு கால்கள், குறுகிய முதுகு கொண்ட சிம்பான்ஸீ (chimpanzee) குரங்குளைப் போல் உருவம் கொண்ட ஜீவராசிகளாகத் தான் இருந்திருக்கும்.

ஆண்டிரோமீடாவைத் தாண்டியும் பல மண்டலங்கள் இருக்கின்றன. மிகப் பெரிய, நுட்பமான தொலை நோக்கிகளைக் கொண்டு நூற்றுக்கணக்கான, பற்பல மில்லியன் ஒளியாண்டுகள் தொலைவில் உள்ள மண்டலங்களைக் காணமுடியும்.

1963ம் ஆண்டு, விஞ்ஞானிகள் 'க்வேஸார்ஸ்' (quasars) என்று அழைக்கப்படும், நட்சத்திரங்களைப் போன்ற வானுலக வஸ்துக்களைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்த க்வேஸார்கள் உண்மையில் மண்டலங்களே ஆகும். இவற்றின் நடுமையம் ஒளிமயமாக இருப்பதாலும், இவை மிகத் தொலைவில் இருப்பதாலும், நம்மால்

அவற்றின் ஒளிமிகுந்த மையங்களையே பார்க்க முடிகிறது.



குவாசர்கள்

குவேஸார்களை விடத் தொலைவான மண்டலங்கள் ஏதும் தற்போது கண்டறியப்படவில்லை. மிக மிக அருகாமையிலுள்ள குவேஸார் கூட 1,000,000,000 ஒளி ஆண்டுகள் தொலைவில் உள்ளது. அவற்றிலிருந்து வரும் ஒளிகதிர்கள், பூமியில் ஓரணு ஜீவன்கள் (single-cell organisms) மட்டுமே வாழ்ந்த காலத்தில் வெளிப்படுத்தப்பட்டவை.

அந்த ஒளி பூமி வரையிலுமான மொத்த தூரத்தில், ஐந்தில் மூன்று பங்கு தூரத்தை, மிருகங்கள், பறவைகள், மனிதர்கள் பூமியில் தோன்றிய காலத்திற்கு முன்னரே கடந்து, பூமியின் நிலப்பகுதியை நோக்கி வர ஆரம்பித்திருக்கும். 9/10 பங்கு தூரத்தைக் கடந்த சமயம், பூமியில் டைனோசார்கள் (dinosaurs) வாழ்ந்த காலமாக இருந்திருக்கும். 96 சதவீதம் தூரம் கடந்தபோதுதான் பூமியில் மனிதனைப் போன்ற உயிரினங்கள் தோன்றுவதற்கான முதல் அறிகுறிகள் தோன்றியிருக்கும்.

இவை எல்லாம் மிக அருகாமையில் உள்ள குவேஸாரைப் பற்றியது. தொலைதூரக் குவேஸார்கள் 10-50 பில்லியன் ஒளி ஆண்டுகள் தூரத்திற்கும் அப்பாற்பட்டவை. இவை வெளிப்படுத்தும் ஒளி பூமி தோன்றுவதற்கும் முன்னரே தன் பயணத்தைத் தொடங்கியிருக்கும். Solar System என்று அழைக்கப்படும் சூரிய குடும்பம் தோன்றுவதற்கும் முன்னரே, பாதிக்கும் மேலான தூரத்தைக் கடந்திருக்கும்.

நமது ப்ரபஞ்சம் என்பது எத்தனை பெரியது என்பது இப்பொழுது சற்றே புலனாகிறது அல்லவா? பூமியின் வட்டத்திற்குள் நாம் பார்க்கும்பொழுது, ஒளி கணக்கிட இயலாவகையில் அதி வேகமாகச் செல்கிறது. ஆனால், பூமியிலிருந்து வெளிப்பட்டு, பிரபஞ்சத்தை முழுமையாகப் பார்க்கும்பொழுது, ஒளி மிக மிக மெதுவாக ஊர்ந்து செல்வதைப் போலத் தோன்றும்.

சாதாரணமாக, ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்வதற்கு ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகள் ஆவதை நம்மால் ஊகித்துப் பார்க்கத் தான் முடியுமா?

5. சார்பியலும் வேக வரம்புகளும்

விஞ்ஞானிகள் முதன்முதலில் ஒளியின் வேகத்தைக் கண்டறிய முற்பட்டபோது, அவர்கள் வெளிப்படுத்தியது வெறும் ஆர்வம் தான். ஒளியின் வேகத்தை உணர்வது போலவும், ஒரு பந்தயக் குதிரையின் வேகத்தைக் கணக்கிடுவது போலவும் இதையும் ஒரு எண்ணிக்கையாகத் தான் கருதினார்கள்.

ஆனால், அதன் நிர்ணயம் விஞ்ஞானத்தைப் பல படிகள் உயர்த்தியது. எப்படி என்று அறிந்து கொள்வோமா?

ஒளி அலைகளால் ஆனது என்பதை ஒப்புக்கொண்டவுடன், 'எவ்வித அலைகள்?' என்ற கேள்வி தானாக எழுந்தது.

சமுத்திரப் பரப்பில் நாம் காண்பது நீர்லைகள். ஒலியில் நாம் உணர்வது, காற்றின் அலைகள். ஆனால், ஒளியோ வெற்றிடத்தில் கூடச் செல்கிறது அல்லவா? அப்படியென்றால், ஒளியை எது கொண்டு செல்கிறது? ஒளி அலை என்பது என்ன? ஒளி அலைகள் எவற்றால் ஆனவை?

ஒரு சில விஞ்ஞானிகள், இந்த பிரபஞ்சமே நாம் உணர முடியாத ஈதர் (Ether) என்ற பொருளால் ஆனது என்று எண்ணினர். ஈதர் என்பது க்ரேக்க மொழிச் சொல். அதுவரை, பரலோகத்தைச் சேர்ந்த பொருட்கள் / வஸ்துக்கள் அனைத்தும் ஈதரையே உள்ளடக்கமாகக் கொண்டவை என்று நம்பினர். ஒளி ஈதரின் அலைகளைக் கொண்டது என்று எண்ணினர்.

இது மற்றொரு சர்ச்சையைக் கிளப்பியது. பூமியின் மேலுள்ள அனைத்துப் பொருட்களும், பூமியைச் சார்ந்து நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. ஆனால், பூமியும் தானே சுற்றிக் கொண்டே இருக்கிறது. பூமி, ஒரு வகை அச்சாணியை (axis) மையமாகக் கொண்டு சுழல்கிறது. அந்த அச்சாணியும் சுற்றிக் கொண்டுதான் இருக்கிறது. பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருகிறது. சூரியனும் சற்றே நகர்ந்து கொண்டே இருக்கிறது.

சூரியன் பால்வெளி மண்டலத்தின் மையத்தைச் சுற்றி வருகிறது. பால்வெளி மண்டலமே சுழன்று கொண்டும், நகர்ந்து கொண்டும் இருக்கிறது.

பிரபஞ்சமும், அதனுள் அடங்கும் அனைத்தும் நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. இந்த வாதம் மேலும் பல குழப்பங்களை உண்டாக்கியது.

ஈதர் பிரபஞ்சத்தின் அடிப்படைப் பொருளாக இருக்குமேயானால், அது நகர்ந்து கொண்டிருக்க முடியாது. அது முழுமையான ஓய்வு நிலையில் (absolute rest) தான் உள்ளது. மற்ற எல்லா இயக்கங்களும் ஈதரை அடிப்படையாகக் கொண்டமையால், நம்மால் அவற்றை அளந்து ஒரு எண்ணிக்கையாகக் கூறமுடியும். இவை தனிப்பட்ட இயக்கங்களாகக் (absolute motion) கருதப்படும்.

மைக்கேல்சன், ஈதரைச் சார்ந்த வகையில் பூமியின் வேகத்தைக் கணக்கிடமுடியும் என்றுதான் நினைத்தார்.

பூமி தன் அனைத்து இயக்கங்களிலுமே ஈதரைச் சார்ந்து தான் இயங்கிக்கொண்டிருக்கின்றது என்ற ஊகம் பரவலாக இருந்தது. ஒரு ஒளிக்கதிரைப் பாயச் செய்து, அதன் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம். ஒளி ஈதரால் ஆனது என்றபடியால் அது ஒரு இயக்கமில்லாத, ஓய்வு நிலையில் உள்ள பொருளின் வழியாகத் தான் செல்கிறது. பூமியின் சுழற்சியும், ஒளி வீச்சும் ஒரே திசையில் இருந்தால், ஒளியின் வேகம் தனிப்பட்ட வேகமாக இல்லாமல், பூமியின் வேகத்தையும் உள்ளடக்கியதாக இருக்கும். வழக்கத்தை விட சற்று அதிகமாக இருக்கும். பூமி எதிர்திசையில் சுழன்று கொண்டிருந்தால், ஒளி வழக்கத்தை விட சற்று மெதுவாகச் செல்லும். ஏனென்றால், நாம் ஒளியின் வேகத்திலிருந்து, பூமியின் வேகத்தைக் குறைத்து, கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இந்த வேகங்களின் வித்தியாசத்திலிருந்து, ஈதரில் பூமியின் வேகத்தை

நாம் அறிந்து கொள்ள முடியும். பூமியின் தனிப்பட்ட இயக்கத்தின் வேகத்தை அறிந்தால், அதனைச் சார்ந்து, ஒவ்வொன்றாக நாம் மேற்கூறப்பட்டுள்ள அனைத்து தனிப்பட்ட இயக்கங்களின் வேகங்களையும் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

பூமியின் வேகம் ஒளியின் வேகத்தை விட மிக மிகக் குறைவானது. அதனால், பூமியின் வேகத்தைக் கூட்டுவதோ, கழிப்பதோ மிகப்பெரிய வித்தியாசத்தை ஏற்படுத்தாது. இந்த நிலையில் பூமியின் தனிப்பட்ட இயக்கத்தின் வேகத்தை நாம் எவ்வாறு கண்டறிவோம்?

1881ம் ஆண்டு, மைக்கேல்சன் 'இண்டர்பெரோமீட்டர்' (interferometer) என்னும் கருவியை அமைத்தார். இதன் மேல் ஒளி வீசினால், கருவி ஒளிவீச்சை இரண்டாகப் பிரித்து, எதிர் திசைகளில் அனுப்பி, மீண்டும் ஒன்று சேர்க்கும்.

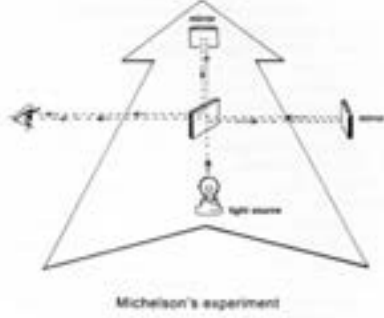
ஒரு திசையில் ஒளி, பூமியின் இயக்கத்தை ஒட்டி சீராகச் சென்று, திசை திரும்பி மீண்டும் எதிர் திசையில் வரும். மற்றொரு திசையில் ஒளி பூமியின் இயக்கத்திற்குச் செங்குத்தாக, மேலும் கீழுமாக, இரண்டு திசைகளில் செல்லும்.

ஈதர் இயங்காமல், ஒரே நிலையில் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். பூமி மட்டும் இயங்கிக் கொண்டிருந்தால், ஒளி வீச்சுகள், வெவ்வேறு வேகங்களில் சற்றே முன்னும் பின்னுமாகச் சென்று, மீண்டும் ஒன்று சேர்ந்து வரும்பொழுது ஒன்றை ஒன்று பிணைக்காமல், வெவ்வேறு நிலைகள் உள்ள அலைகளாக வரும்.

ஒரு சில இடங்களில், அலைகள் ஒன்றை ஒன்று வலுப்படுத்தி, ஒளி அதிகமான பிரகாசத்துடன் காணப்படும். ஒரு சில இடங்களில் ஒளி அலைகள் ஒன்றை ஒன்று அழித்து, மங்கலாகவோ அல்லது இருண்டோ காணப்படும்.

இவ்வாறு, ஒளியும் இருளும் மாறி மாறி வரும். இதனை,

ஒளிவரிக் கோடுகள் அல்லது ஒளிவரி-விளிம்புகள் 'interference fringes' என்று அழைக்கிறோம். இந்த அலை விளிம்புகளின் அகலத்திலிருந்து, ஒளியின் வேகத்தில் காணப்படும் வித்தியாசங்கள் மற்றும் பூமியின் வேகம் இவற்றைக் கணக்கிடலாம்.



மைக்கேல்சன் முறை

1887ம் ஆண்டு, மைக்கேல்சன் தான் மேற்கொள்ளும் ஆய்வின் விவரங்கள் அனைத்தையும் குறித்து வைத்திருந்தார். எட்வார்ட் வில்லியம்ஸ் மார்லீ (Edward Williams Marley) என்ற விஞ்ஞானியுடன் இணைந்து, 'மைக்கேல்சன்-மார்லீ ஆய்வு' (Michaelson-Marley Experiment) என்று இப்போது கூறப்படும் சோதனையை நடத்தினார்.

ஆனால், அந்த சோதனை அவர்கள் எதிர்பார்த்த விளைவுகளைத் தரவில்லை. ஒளியும் இருளுமாக, மாறி மாறி வரும் ஒளிவரி விளிம்புகளைப் பார்க்கமுடியவில்லை. ஒளி, திசை எதுவாயினும், ஒரே வேகத்தில் செல்வது போலத் தான் தோன்றியது. மைக்கேல்சன் தன் ஆய்வைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்தார். ஒரு முறை கூட அவருக்கு, வெவ்வேறு வேகங்களில் செல்லும் ஒளி விளிம்புகள் அமையவில்லை.

இந்த ஆய்வு, மைக்கேல்சன் காலத்திற்குப் பிறகும் கூட பல நூறு தடவைகள் செய்யப்பட்டுள்ளது. மைக்கேல்சன் பயன்படுத்தியதைவிட பன்மடங்கு நுட்பமான நவீன கருவிகளைக் கொண்டும் செய்யப்பட்டுள்ளது. ஆனால், ஒவ்வொரு முறையும் இதே விளைவுகள் தான். திசையினாலோ, பூமியின் சுழற்சியினாலோ ஒளியின் வேகத்தில் எந்தவித மாற்றமும் இல்லை.



ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (1879-1955)

1905ம் ஆண்டு, ஜெர்மன் விஞ்ஞானி ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein) தன் 'சிறப்புச் சார்பியல் தத்துவத்தை' (Special Theory of Relativity) வழங்கினார். இது இயக்கத்தைப் பற்றி ஒரு புதிய பரிமாணத்தை உலகுக்கு அளித்தது. தனிப்பட்ட இயக்கம், தனிப்பட்ட ஓய்வு நிலை என்று எதுவும் இல்லை. எந்த ஒரு இயக்கமும் மற்றொன்றின் இயக்கத்தைச் சார்ந்தோ அல்லது அதனை அடிப்படையாகக் கொண்டே அமைந்ததாகும். இதனை நாம் அறிந்தோமேயானால்

இயக்கங்கள் அனைத்தும் சீரானவை என்பதையும் அறியலாம் என்று நினத்தார்.

ஐன்ஸ்டீன், மைக்கேல்சன்-மார்லி ஆய்வுச் சோதனையை திருத்தவோ, சீரமைக்கவோ முயற்சி செய்யவில்லை. அவர் அதைப் பற்றி அறிந்திருந்தாரா என்பது கூட நமக்குத் தெரியாது. ஆனால், திசை எதுவாயினும் வெற்றிடத்தில் ஒளி ஒரே வேகத்தில் தான் செல்கிறது; மேலும், ஒளியின் மூலம் (source of light) எந்த திசையில், எந்த வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருந்தாலும் அது ஒளியின் வேகத்தில் எந்த ஒரு மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தாது என்பதையும் ஐன்ஸ்டீன் விளக்கினார்.

'ஒளியைத் தவிர, ஒலியலைகள், நீரலைகள் போன்ற மற்றும் பல, செல்லும் திசையைப் பொறுத்து வேகமாகவோ மெதுவாகவோ

செல்லும்; ஒளி நாம் சாதாரணமாக எதிர்பார்க்கும் வகையில் நடந்து கொள்வதில்லை' என்று ஐன்ஸ்டைன் விளக்கியதை எவரும் சரியென்று ஏற்றுக் கொள்ளவில்லை.

ஐன்ஸ்டைன், தன் ஊகம் சரியாக இருந்தால், உலகத்தின் இயக்கத்தையும், உலகத்திலுள்ள மற்ற அனைத்துப் பொருட்களின் இயக்கங்களையும் புரிந்து கொள்வது எளிதாக இருக்கும் என நம்பினார். தன் ஊகம், விஞ்ஞானிகளின் ஆய்வுச் சோதனைகள் அனைத்திற்கும் சரியான விளக்கங்களையும், பதில்களையும் அளிக்கும் என்பதையும் நிரூபித்துக் காட்டினார். இதன் அடிப்படையில் அவர் செய்த குறிப்புகள் எல்லாம் சரியாகவே அமைந்தன.

1905 முதல், விஞ்ஞானிகள் ஆயிரக்கணக்கான விஷயங்களைக் கண்டறிந்திருந்தார்கள். பல்லாயிரம் சோதனைகளைச் செய்திருந்தார்கள். இவை அனைத்தும் ஐன்ஸ்டைனின் கண்டுபிடிப்புகளையும் கோட்பாடுகளையும் விளக்கங்களையும் மேலும் வலுப்படுத்தியன.

இன்று, விஞ்ஞானிகள் இதுவே ப்ரபஞ்சத்தின் உண்மையான விளக்கம் என்று ஒப்புக்கொள்கின்றனர்.

ஐன்ஸ்டைனின் சார்பியல் கோட்பாடு ஒளியின் மற்றொரு உண்மையைப் புலப்படுத்தியது. அதாவது, ஒளி க்வாண்டம் கோட்பாட்டைச் (Quantum Principle) சார்ந்து செயல்படுகிறது என்பதே ஆகும். இதனை, 1900ம் ஆண்டு மாக்ஸ் ப்ளாங்க் என்பவர் வலியுறுத்தி இருந்தார்.

ஒளி ஒரே சமயத்தில், துகளாகவும் அலையாகவும் செயல்படுவதனால் வெற்றிடத்திலும் செல்லமுடிகிறது. இதற்கு ஈதரின் அவசியமே இல்லை என்று ஐன்ஸ்டைன் மொழிந்தார். விஞ்ஞானிகள் ஈதர் தத்துவத்தை அதோடு விட்டு விட்டார்கள். ஈதர் இல்லையெனில், மைகேல்சன் மார்லீ சோதனையும் சரியான பதில்களை அளிக்காது.

இந்த கண்டுபிடிப்புகளுக்கு, மாக்ஸ் ப்ளான்க் (Max Planck) 1918ம் ஆண்டும், ஐன்ஸ்டைன் 1921-ம் ஆண்டும் நோபல் பரிசுகளைப் பெற்றனர்.

ஐன்ஸ்டைனின் சார்பியல் தத்துவத்தின்படி ஒளியை விட வேகமாகச் செல்லக்கூடியது வேறெதுவும் இல்லை. ஒளியின் வேகம், உலகிற்கே விஞ்ச முடியாத ஒரு புதிய வேக வரம்பை அளித்தது.

பண்டைய காலத்தில் மனிதன் தன் கால் நடைவேகத்தையே வேக வரம்பாகக் கொண்டிருந்தான். நீந்தத் தெரிந்தபின், நீச்சல் வேகத்தைத் தன் வேக வரம்பாகக் கொண்டான். அதன் பின், குதிரை, மோட்டார்கார், விமானங்கள், ராக்கெட்டுகள் என வரிசையாகத் தன் வேகத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றான்.

மனிதர்கள் கடலைக் கடந்தனர். முதலில் கடல் கடந்து செல்ல பல மாதங்கள் ஆயின. பிறகு, வாரங்கள் நாட்களாகக் குறைந்து, சில மணி நேரங்களாகக் குறைந்தது. மனிதன், மூன்றே நாட்களில் சந்திர மண்டலத்தைச் சென்றடைய முனைந்து, வெற்றி பெற்றான். இங்ஙனம் வேகத்தை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், பூமிக்கு அருகில் இருக்கும் நட்சத்திரத்திற்கே மூன்று நாட்களில் செல்லவும் சாத்தியமாகிவிடும் அல்லவா?

முடியவே முடியாது. மனிதர்களால் குறந்தப்பட்சம் 4.27 வருடங்களில் தான் மிக மிக அருகில் உள்ள நட்சத்திரத்திற்க்கூட செல்லமுடியும். போய்த் திரும்பிவருவதற்கு 9 வருடங்கள் ஆகும்.

ரைஜலுக்குச் செல்வதற்கு 815 ஆண்டுகள். போய்த் திரும்புவதற்கு 1630 ஆண்டுகள். ரைஜலை அடைந்து, அங்கிருந்து பூமிக்கு டெலி-செய்தி அனுப்பினால், அது பூமியை வந்தடைவதற்கு 815 ஆண்டுகள். செய்திக்குப் பதில் அனுப்பினால், அதைத் திரும்பப் பெறுவதற்கு இன்னும் 815 ஆண்டுகள்.



சந்திரனில் விண்வெளி வீரர்

பால்வெளி மண்டலத்தின் மையத்திற்குச் செல்ல 25000 ஆண்டுகள். ஆண்டிரோமீடா மண்டலத்திற்குச் செல்ல 2,300,000 ஆண்டுகள். மிக அருகாமையிலுள்ள க்வேஸாருக்குச் செல்வதற்கு 1,000,000,000 ஆண்டுகள்.

ஐன்ஸ்டீனின் சார்பியல் தத்துவம் காலத்தின் மதிப்பைக் குறைத்தது.

ஒளியின் வேகத்தைக் கருத்தில் கொள்ளும்பொழுது, காலம் என்பது ஒன்றுமில்லாமல் ஆகிவிடுகிறது. கணப்பொழுதில் விளக்கொளியை அருகாமையிலுள்ள க்வேஸாருக்கு அனுப்பி, திரும்பப் பெறச் செய்ய முடியும். நேரம் சற்றும் நகராதது போலத் தோன்றும். ஆனால், நாம் பூமிக்குத் திரும்பும்போது பூமியில் 2,000,000,000 ஆண்டுகள் கடந்திருக்கும்.

நாம் நமது பிரபஞ்சத்தை அறிந்துகொள்ளப் பயன்படுத்தும் அடிப்படைக் கோட்பாடுகளை மாற்ற வேண்டும். நட்சக்கத்திரங்களுக்குச் செல்ல முற்பட்டால், பூமியை விட்டு நிரந்தரமாகப் பிரிந்துவிடுவோம் என்பதைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். ஒளியின் வேகத்தில், குறைந்தபட்சம் பத்தில் ஒரு பங்கு வேகத்திலாவது செல்லவேண்டும். இதற்குக் குறைவாகச் செல்வோமேயானால், நம்மால் எந்த இலக்கையும் சென்றடைய முடியாது.

கலீலியோ முதல் மைக்கேல்சன் வரை, ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட முயன்ற அனைத்து விஞ்ஞானிகளுமே ஒன்றைப் புரிந்துகொள்ளவில்லை. வருங்காலம் என்றென்றைக்கும் நம் இருப்பிடம் மாறாது சூரியகுடும்பத்தினுள்ளேயே என்ற உண்மையைப் புலப்படுத்தும் சிறைக்கம்பிகளைத்தான் நாம் அளந்து பார்க்க முனைந்து கொண்டிருக்கிறோம் என்பது தான் அது.



மக்கள் விஞ்ஞானி ஐசக் அசிமோவ் நமக்கு தெளிவாக ஆர்வமூட்டும் வகையில் கடந்த நூற்றாண்டுகளில் விளக்கப்படாத ஒளியின் ஆச்சர்ய உலகத்திற்குள் நம்மை அழைத்துச் சென்று ஒளி சார்ந்த உண்மைகளை பல ஆதாரங்களுடன் நமக்கு விவரிக்கின்றார்.

ஒளியின் வேகம்

இந்நூல் ஒளியின் வேக அளவீடுகளை குறிக்க மேற்கொண்ட கால முயற்சிகள், ஒளி சார்ந்த ஆராய்ச்சிகள், அண்டம் மற்றும் ஒளி ஆண்டுகள் பற்றிய தகவல்கள், ஒளியின் வேகம் மற்றும் சார்பு நிலை தத்துவங்களை தெளிவாக விவரிக்கின்றது.



தூறல் புக்ஸ்

69, Pillayar koil street, R.V.Nagar, Jafferkanpet, Chennai – 600083.
Ph: 044 24892018, thooralbooks@gmail.com, www.thooralbooks.com

விலை: ரூ.50.00